Das Huminstoffsystem eines Alpinen Pseudogleys unter Curvuletum

1. Teil

Von O. H. DANNEBERG und H. S. JENISCH

(Vorgelegt in der Sitzung der mathem.-naturw. Klasse am 3. März 1977 durch das w. M. H. FRANZ)

Mit 4 Tabellen

Das österreichische MaB-Hochgebirgsprogramm hat in seiner ersten Phase die Untersuchung des natürlichen Ökosystems der Alpinen Grasheide zum Ziel. Als Klimaxgesellschaft auf kristallinem Gestein bedeckt das Caricetum curvulae die größte Fläche der Alpinen Grasheidestufe der Zentralalpen. Seine Untersuchung stand daher zunächst im Vordergrund (FRANZ, 1975).

Die ausgewählte Versuchsfläche wurde von WEISS (1975) beschrieben. GRUBER (1976) beschrieb den Boden dieser Fläche als Alpinen Pseudogley auf Glimmerschiefer mit der Horizontfolge A_f (2—0 cm), A (0—8 cm), AP (8—15 cm), B (15—40/45 cm) und C (ab 40/45 cm).

Problemstellung und Arbeitsplanung für die Untersuchung des Huminstoffsystems dieses Bodens wurden als Übersicht bereits früher dargestellt (DANNEBERG, 1975). In der vorliegenden Arbeit sollte zunächst ein Eindruck über die Einheitlichkeit des Huminstoffsystems innerhalb der Fläche gewonnen werden; daraus sollte sich ableiten lassen, inwieweit aus den Ergebnissen einer begrenzten Zahl von Untersuchungen eine Beurteilung des Huminstoffsystems der gesamten Fläche möglich ist. Sodann sollte eine erste Charakterisierung dieses Huminstoffsystems erfolgen. Eine Untersuchung der Humusdynamik war an sich noch nicht beabsichtigt, doch ergab sich durch die Analyse dreier in zeitlicher Staffelung entnommener Probenserien bereits ein deutlicher Einblick in diese Vorgänge.

Material und Methodik:

Die Bodenproben wurden mit Hilfe eines Schlagbohrers (Bodenbohrgerät nach KRAPFENBAUER, 1975) entnommen, der Bodenbohrkerne mit einem Durchmesser von 70 mm in weit-

gehend ungestörter Lagerung zu Tage fördert. Die Bodenbohrkerne wurden an der Luft langsam trocknen gelassen und dann in die einzelnen Horizonte zerlegt; die Horizonte A_f und A wurden jedoch nicht unterschieden, sondern gemeinsam verarbeitet. Das so gewonnene Material wurde durch ein 1 mm-Sieb gegeben, wobei Steine und größere Pflanzenwurzeln zurückblieben. Der Feinboden, < 1 mm, bildete das eigentliche, der Untersuchung zugrunde gelegte Probenmaterial. Er enthielt jedoch, besonders im A-Horizont, noch eine sehr große Menge feinster Pflanzenwurzeln. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Lage und den Entnahmezeitpunkt der untersuchten Probenserien, die Beschreibung der Lage der Probenserien im Gelände bezieht sich auf die Lageskizze der Versuchsfläche (WEISS, 1975).

Zur Gewinnung eines raschen Überblicks ebenso wie zum Vergleich mit Ergebnissen der konventionellen Bodenuntersuchung wurde das allgemein übliche Naßverbrennungsverfahren mit Dichromat in der Ausführung nach DE LEENHEER verwendet (SCHÜLLER, 1973). Es liefert bekanntlich lediglich Vergleichszahlen; die Verbrennung ist immer unvollständig und das besonders bei humusreichen Böden.

Zur Ergänzung dieser eher groben Analytik war daher eine exakte Kohlenstoffbestimmung durch Trockenverbrennung bei 1000° C in einer Elementaranalyse-Apparatur nötig (GIOVANNINI u. Ma., 1975; PELLA u. COLOMBO, 1973). Diese Bestimmung konnte jedoch nur an getrockneten und feinst gemahlenen Proben durchgeführt werden. Die Dichromat-Verbrennung nach DE LEENHEER ergab an so vorbereiteten Proben beträchtlich höhere Werte; ebenso wurden nach der im folgenden beschriebenen photometrischen Humuskomplexanalyse stets höhere Werte erhalten. Diese beiden Methoden wurden daher sowohl an lufttrockenen und ungemahlenen als auch an getrockneten und gemahlenen Proben durchgeführt, die höheren Werte an gemahlenen Proben wurden immer dann verwendet, wenn Vergleiche mit der Kohlenstoffbestimmung gezogen werden sollten.

Zur Charakterisierung des Huminstoffsystems diente die photometrische Humuskomplexanalyse nach DANNEBERG u. SCHAFFER (1974). Die Huminstoffe wurden mit einem komplexbildenden Ionenaustauschharz und Wasser viermal aufeinanderfolgend extrahiert, durch Fällungsoperationen in die Gruppen Fulvosäuren, Braun- und Grauhuminsäuren zerlegt und die Eigenfärbung der Huminstoffe durch Messung der Extinktion bei 400 nm in gepufferter (pH = 10,0) Lösung festgestellt. Wie Vorversuche ergaben,

Tab. 1: Probenübersicht

Probenserie	Entnahme-Datum	phänologische Beschreibung	Lage der Probenserie im Gelände
1	28. 6. 74	Beginn der Vegetationszeit	5 m westl. von Punkt 4/0
2	28. 6. 74	Beginn der Vegetationszeit	15 m nördl. von Punkt 0/5
3	28. 6. 74	Beginn der Vegetationszeit	15 m nördl. von Punkt 0/9
4	11. 8. 74	Höhepunkt der Vegetationszeit	2 m westl. von Punkt 3/0
5	28. 9. 74	Ende der Vegetationszeit	3 m östl. von Punkt 4/0

Tab. 2: Die Homogenität der Fläche

	Horizont	Probenserie 1	Probenserie 2	Probenserie 3
„Humus“	A	21,9	22,3	30,0
nach De Leenheer	AP	4,8	6,2	6,5
(in %)	B	3,1	n. b.	2,6
Extrahierbare	A	2720	2890	2990
Huminstoffe	AP	974	n. b.	890
(OD/10 g Bo)	B	1933	n. b.	1746

Ergebnisse bezogen auf lufttrockene, ungemahlene Bodensubstanz

kommt es bei Verwendung von komplexbildendem Harz zu keiner Störung dieser Bestimmung durch die Eigenfärbung von dreiwertigem Eisen.

Ergebnisse und Diskussion:

Tabelle 2 gibt die Ergebnisse der Naßverbrennung mit Dichromat und die gesamten, extrahierbaren Huminstoffe dreier zum selben Zeitpunkt gewonnener Bodenprobenserien wieder. Sie zeigt deutlich, daß die zwischen den einzelnen Horizonten auftretenden Unterschiede ganz wesentlich größer sind als jene zwischen den Proben, die aus den gleichen Horizonten verschiedener Probenserien stammen. Eine Beurteilung des statischen Aufbaues des Huminstoffsystems ist daher jedenfalls möglich.

Die Hauptmasse der organischen Substanz ist im A-Horizont angereichert. Hier findet sich auch die stärkste Durchwurzelung. Darunter, im AP- und B-Horizont, gehen sowohl die „Humusprozente" als auch die extrahierbaren Huminstoffe deutlich zurück. Auffallend ist die Tatsache, daß im B-Horizont zwar niedrigere „Humusprozente" als im AP, jedoch beträchtlich mehr extrahierbare Huminstoffe gefunden werden. Auf diesen Befund wird später noch genauer eingegangen.

Tabelle 3 gibt die Aufgliederung der Huminstoffe in die Gruppen Fulvosäuren, Braun- und Grauhuminsäuren (FS, BHS, GHS) wieder. Diese drei Fraktionen stellen Anteile des Huminstoffsystems mit steigendem Molekular- oder Teilchengewicht dar. Die Verteilung auf die drei genannten Huminstoffgruppen bildet somit ein Maß für die Polymerisation des Huminstoffsystems. Diese Tatsache wurde kürzlich in einer chromatographischen Untersuchung an Ackerböden erneut gezeigt (DANNEBERG u. SCHMIDT, 1978). Ein ähnliches chromatographisches Verhalten von Alpinem Pseudogley ist zu erwarten; dies wird jedoch in einer von uns derzeit vorbereiteten chromatographischen Untersuchung des Gebirgsbodens noch zu zeigen sein.

Wie Tabelle 3 zeigt, liegt im A-Horizont, dem Horizont mit der intensivsten Durchwurzelung, die Hauptmasse des Huminstoffsystems als BHS und FS vor. Die GHS sind hier lediglich mit einem Anteil von unter 4% vertreten. In den darunterliegenden Horizonten jedoch, besonders im B-Horizont, verschiebt sich die Verteilung deutlich gegen die höhermolekulare Fraktion; der Anteil der GHS im B-Horizont steigt auf über 40% an. Die Polymerisation der Huminstoffe ist also im obersten Horizont nur sehr niedrig und steigt nach unten hin deutlich an. Verglichen mit dem Huminstoff-

Tab. 3: Der Aufbau des Huminstoffsystems

Horizont		Probenserie 1 OD/10g	Probenserie 1 % d. Su	Probenserie 3 OD/10g	Probenserie 3 % d. Su
	FS	915	33,7	659	22,0
A	BHS	1715	63,1	2216	74,0
	GHS	90	3,3	116	3,9
	FS	254	26,1	226	25,4
AP	BHS	490	50,3	562	63,2
	GHS	230	23,6	102	11,5
	FS	560	29,0	360	20,6
B	BHS	557	28,9	678	38,9
	GHS	813	42,1	708	40,6

Ergebnisse bezogen auf lufttrockenen, ungemahlenen Boden

system von beackerten Parabraunerden (DANNEBERG u. SCHAFFER, 1974; DANNEBERG u. SCHMIDT, 1978), sind die Huminstoffe des A-Horizontes wesentlich weniger hoch, die des AP etwa gleich hoch und die des B-Horizontes beträchtlich höher polymerisiert.

Im A_f- und A-Horizont fällt die Hauptmenge des Bestandesabfalles dieses Standortes an (GRUBER, 1976). Da die Huminstoffbildung in erster Linie eine Funktion der Menge an umsetzbarer organischer Substanz ist (SAUERBECK, 1966), muß hier auch die Hauptmasse an Huminstoffen gebildet werden. Es handelt sich wohl in erster Linie um „Pflanzenhuminstoffe", die ja meist nur wenig polymerisiert sind (DANNEBERG, 1971). Der FS-Anteil ist wasserlöslich und die BHS sind meist leicht peptisierbar. Unter

Tab. 4: Die Humusdynamik während der Vegetationszeit

Probenserie	Horizont	% „Humus"	% C	Extrahierbare Huminstoffe in OD/10g Bo: Summe	FS	BHS	GHS
1	A	23,3	17,24	3095	945	2050	105
	AP	4,8	3,91	1044	256	532	256
	B	3,4	2,92	1953	573	497	883
4	A	11,6	9,26	1565	500	975	90
	AP	2,2	2,18	805	270	350	188
	B	1,6	1,63	752	296	128	328
5	A	29,5	19,37	2395	790	1595	10
	AP	3,9	3,20	752	202	398	152
	B	1,9	1,81	968	276	184	508

Ergebnisse bezogen auf getrockneten, gemahlenen Boden.

den für diesen Standort typischen hohen Niederschlägen muß es daher zu einer Verlagerung der Huminstoffe in tiefere Bodenschichten kommen, wenn diese nicht durch Bodenfrost blockiert sind. Im B-Horizont kommt es dann offenbar zu einer erneuten Polymerisation der von oben eingewaschenen Huminstoffe, wahrscheinlich unter dem katalytischen Einfluß von dreiwertigem Eisen (SCHEFFER u. Ma., 1959). Damit ist dieser Standort durch eine deutlich podsolige Dynamik gekennzeichnet, allerdings nur soweit der Bodenfrost eine Wasserbewegung im Profil zuläßt.

Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die Ergebnisse, die an drei in zeitlicher Staffelung gewonnenen Probenserien erhalten wurden; die Probenserien wurden zu Beginn, am Höhepunkt und am Ende der Vegetationszeit gezogen. Die Zahlen geben so einen ersten Einblick in die Humusdynamik.

Ein Vergleich der Ergebnisse der Naß- und Trockenverbrennung zeigt zwar einen parallelen Verlauf beider Datenserien, jedoch ein Verhältnis der beiden Zahlen zueinander, das von dem erwarteten von etwa 2 1 weit entfernt ist. Die Naßverbrennung ist also sehr unvollständig verlaufen, die Werte der Trockenverbrennung liefern jedenfalls die verläßlichere Beurteilungsgrundlage.

Ein Vergleich der hier als Folge der Dynamik auftretenden Unterschiede zwischen den Probenserien mit denen in Tabelle 2, welche die Inhomogenität der Fläche kennzeichnen, zeigt, daß die durch die Dynamik verursachten Unterschiede den durch die Inhomogenität bewirkten schon wesentlich näher kommen. Die Ergebnisse sind also zunächst mit dem Vorbehalt einer späteren Bestätigung durch ein breiteres, statistisch ausgewertetes Probenmaterial belastet.

Die Humusdynamik ist in der ersten Hälfte der Vegetationszeit vorwiegend durch einen starken Humusabbau gekennzeichnet. Dieser Abbau betrifft die Gesamtmasse an organischer Substanz, wie die Rückgänge des C-Gehaltes deutlich zeigen. Er betrifft jedoch auch die Huminstoffe bis zu den höchstpolymerisierten Stufen, wie man aus den Zahlen der Humuskomplexanalyse entnehmen kann.

In der zweiten Hälfte der Vegetationszeit dominiert dann der Humusaufbau. Der Kohlenstoffgehalt des A-Horizonts steigt bereits über den Gehalt am Beginn der Vegetationszeit an; in den darunter liegenden Horizonten bleiben die Werte jedoch noch unter den am Beginn der Vegetationszeit ermittelten C-Gehalten. Hier muß offenbar erst eine stärkere Tiefenverlagerung einsetzen, um die bei der Probenserie 1 vorgefundenen Verhältnisse wiederherzustellen.

Deutlich ist aus den Zahlen der Probenserie 5 auch abzulesen, daß zwar eine Anhäufung an organischer Substanz im A-Horizont bereits stattgefunden hat, daß jedoch die Bildung von Huminstoffen daraus — die „chemische Humifizierung" (DANNEBERG, 1971) — noch nicht das volle Ausmaß erreicht hat. Die Menge an extrahierbaren Huminstoffen ist noch niedriger als die der Probenserie 1.

Die Unterschiede zwischen dem Verlauf der C-Gehalte und der Menge an extrahierbaren Huminstoffen beschreiben demnach den jeweils wechselnden Gehalt an Nichthuminstoffen. Dieser ist, wie ja auch zu erwarten war, im A-Horizont immer am größten und nimmt mit zunehmender Tiefe ab. Auf diesen Unterschied sind auch die zunächst widersprüchlich scheinenden Zahlen in Tabelle 2 zurückzuführen: Im B-Horizont findet sich zwar ein niedrigerer Gehalt an Gesamt-C als im AP, jedoch ein höherer an Huminstoffen; der Anteil an Nichthuminstoffen muß hier entsprechend geringer sein.

Zusammenfassung:

Das Huminstoffsystem eines Alpinen Pseudogleys wurde durch eine photometrische Humuskomplexanalyse charakterisiert. Zusätzlich wurde Gesamt-C durch Trockenverbrennung bestimmt und „Humus" durch Naßverbrennung mit Dichromat.

Das Huminstoffsystem erwies sich in den einzelnen Bodenhorizonten als verschieden hoch polymerisiert. Im A-Horizont wurde der niedrigste, im AP ein mittlerer und im B-Horizont der höchste Grad der Polymerisation festgestellt.

Die Humusdynamik ist in der ersten Hälfte der Vegetationszeit durch ausgeprägten Humusabbau gekennzeichnet. In der zweiten Hälfte dominieren dann die Prozesse der Humusneubildung. Die Neubildung der Huminstoffe erfolgt im A-Horizont. Von dort werden die Huminstoffe im Zuge einer podsoligen Dynamik solange in die tieferen Schichten des Profils verlagert, bis diese durch Bodenfrost gegen eine weitere Einwaschung blockiert werden.

Literatur

DANNEBERG, O. H.: ^{15}N-Untersuchungen als Beitrag zur Kenntnis der Humifizierungsprozesse. Teil II: Huminstoffaufbau und Stickstoffumbau während der Rotte von Maisstroh. Bodenkultur 22, 264—278, 1971.

— Die Huminstoffsysteme von Gebirgsböden im Rahmen der Hochgebirgsökologie. Das österreichische MaB-Hochgebirgsprogramm. Arbeitsgebiet Hohe Tauern. Sber. Österr. Akad. Wiss., mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 184, 121—122, 1975.

DANNEBERG, O. H. & K. SCHAFFER: Eine einfache kolorimetrische Analyse des Huminstoffsystems. Bodenkultur 25, 360—368, 1974.

DANNEBERG, O. H. & J. SCHMIDT: Die Charakterisierung von Huminstoffsystemen durch Chromatographie an porenkontrolliertem Glas. Bodenkultur (im Druck), 1978.

FRANZ, H.: Das österreichische MaB-Hochgebirgsprogramm. — Bericht über Entstehung und organisatorischen Aufbau. Das österreichische MaB-Hochgebirgsprogramm. Arbeitsgebiet Hohe Tauern. Sber. Österr. Akad. Wiss., mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 184, 97—101, 1975.

GIOVANNINI, G., G. POGGIO, P. SEQUI & S. CERVELLI: Microdetermination of organic and inorganic carbon in soil by using thermal and elemental analysis. Studies about Humus. Trans. Int. Symp. Humus et Planta VI, Prag, 1975.

GRUBER, F.: Physikalische Eigenschaften und Wasserhaushalt hochalpiner Böden im Glocknergebiet. Dissertation an der Universität für Bodenkultur, Wien, 1976.

KRAPFENBAUER, A.: Gewinnung von Bodenkernen mit Hilfe eines „Einfachen Bodenbohrgerätes" (EBBG) — deren Übertragung und Aufbewahrung in Styropor-Transportbehältern. Allgem. Forstzeitschrift (München) *30*. 1—6, 1975.

PELLA, E. & B. COLOMBO: Study of Carbon, Hydrogen and Nitrogen Determination by Combustion-Gas Chromatography. Microchimica Acta, 697—719, 1973.

SAUERBECK, D.: Über den Abbau ^{14}C-markierter organischer Substanzen im Boden und ihren Einfluß auf den Humushaushalt. Habilitationsschrift an der Universität Bonn, 1966.

SCHEFFER, F., B. MEYER & E. A. NIEDERBUDDE: Huminstoffbildung unter katalytischer Einwirkung natürlich vorkommender Eisenverbindungen im Modellversuch. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkde. 87, 26—43, 1959.

SCHÜLLER, H.: Methodensammlung der Arbeitsgemeinschaft österreichischer landwirtschaftlicher Versuchsanstalten. Wien, 1973.

WEISS, E.: Bericht über die Vorarbeiten und den Meßbeginn im Projektteil „Meteorologie" des MaB-Hochgebirgsprogramms. Das österreichische MaB-Hochgebirgsprogramm. Arbeitsgebiet Hohe Tauern. Sber. Österr. Akad. Wiss., mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 184, 103—111, 1975.